

小論文

粉体の摩擦帯電の極性に関する一実験

野口 健一*, 舛井 正義*, 和田 達明*, 竹内 学*

(1993年8月11日受理)

An Experimental Study on the Charging Polarity
of a Ferrite Powder

Kenichi NOGUCHI,* Masayoshi MASUI,* Tatsuaki WADA*
and Manabu TAKEUCHI*

(Received August 11, 1993)

Tribocharging behavior of a ferrite powder with polystyrene-acrylic coating has been studied. The ferrite powder was tribocharged by rubbing with each other. The tribocharged particles were classified into three classes, positively, negatively and neutral/weakly charged, and the weight fraction was measured. This procedure was repeated three times using the particles of each class as the specimen. It was confirmed that the ferrite powder was classified into the three classes and the fraction of each class was nearly constant when the procedure of tribocharging and classification was repeated. In other words, nearly same fraction of positively, negatively and neutral/weakly charged particles was obtained, regardless of the charging polarity of the specimen at the preceding stage. It is concluded that each particle has no preference charging polarity. Each particle may charge positively or negatively, by chance, but the detailed charging mechanism is not clear at present.

1. 緒言

固体の摩擦帯電現象は古くから研究されており、その帯電極性に関しては多くの研究者により帯電列(帯電序列)が経験的に求められている¹⁾。また最近では、物質の帯電列を決める因子に関しても、いくつかの議論がなされている^{2,3)}。これに対して、同一物質どうしの摩擦帯電は難しい問題である。

粉体では、比表面積がバルクに比べて非常に大きいため、摩擦帯電が顕著に現れる。近年、電子写真、トリボ帯電方式の静電粉体塗装、等粉体の摩擦帯電を利用した技術が大きく発展した。前者ではキャリアと呼ばれる粒子との摩擦により、後者では静電スプレーガンの内壁との摩擦により、それぞれトナー、粉体塗料を一方の極性に帯電させる。しかしほとんどの場合、所定の極性に帯電した粒子に混じって、逆極性に帯電した粒子も出現することが避けられず、トナーどうし、粉体塗料どうしの

摩擦が第一の原因と考えられている。そこで我々は、同一の粉体どうしを互いに摩擦したときの帯電極性に関する知見を得るため、電子写真現像剤のキャリアを試料に選び、その摩擦帯電挙動を研究した。

2. 実験

本研究では、電子写真の現像剤として使用されているフェライトキャリア粒子を摩擦帯電挙動を調べる試料に用いた。これはフェライト粒子の表面にスチレン・アクリル樹脂のコーティングを施したもので、ほぼ球形、粒径は100 μ m程度である。

試料粉体の摩擦帯電は電動式振動機を用いて行った。試料粉体10gを円筒形のポリスチレン製容器(内径:24mm, 深さ47mm)に封入し、それを上下振動させてフェライト粒子どうしを互いに摩擦させた。振動条件は、振幅2cm, 振動数5Hz, 振動時間10分とした。なお試料粉体10gの見かけの体積はポリスチレン製容器の内容積の約10%に相当する。

振動により摩擦帯電させた試料粉体を図1に示す装置を用いて正帯電粒子, 負帯電粒子, 中性・弱帯電粒子の3グループにクラス分けした。この方法は、電界の形成されている空間中を粒子を垂直に自由落下させ、電界の

キーワード: 摩擦帯電, 帯電極性, フェライト粒子

* 茨城大学工学部電気電子工学科 (316 茨城県日立市中成沢町 4-12-1)

Department of Electrical and Electronic Engineering,
Faculty of Engineering, Ibaraki University,
4-12-1 Nakanarusawa, Hitachi, Ibaraki, 316 Japan

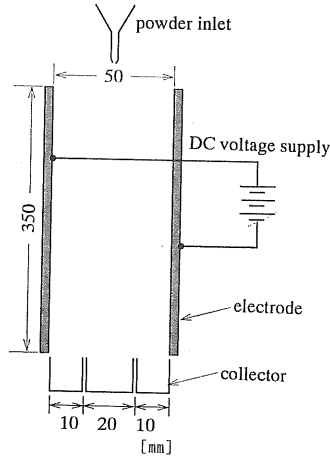


図1 帯電粒子クラス分け装置

Fig. 1 An experimental apparatus for classifying tribocharged particles into three classes, positively, negatively and neutral/weakly charged particles.

作用により、極性と帯電量に応じて粒子を水平方向に変位させ、クラス分けを行うものである。正帯電粒子、負帯電粒子、中性・弱帯電粒子の3タイプにクラス分けされた試料粉体を別々に回収し、それぞれの質量を測定した。また、各グループの粉体の帯電量をファラデーケージにより測定した。

つぎに、1回目のクラス分けで回収した3グループの試料粉体それぞれを2回目の実験の試料として、同様の操作を繰り返した。すなわち、例えば1回目の操作により正帯電した試料粉体 10g を、再びポリスチレン製容器に封入し、1回目と同様に互いに摩擦帯電させ、正帯電、負帯電、中性・弱帯電グループへのクラス分け操作、およびそれぞれのグループの質量および帯電量の測定を行う。また、1回目に負帯電、中性・弱帯電であった粉体についても同様に、2回目の実験を行う。このようにして、帯電、クラス分け操作、測定を3回繰り返した。なお、3回目の実験においてもそれぞれ 10g の試料が確保されるよう、1回目、2回目の摩擦帯電、クラス分けでは必要な量の試料を準備した*。

3. 結果および考察

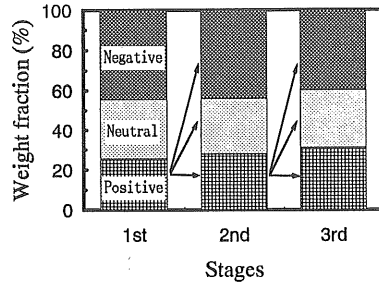
長時間静置しておいた試料粉体をポリスチレン製容器に封入し、10分間振動・摩擦を行ったところ、正帯電粒子、負帯電粒子、中性・弱帯電粒子が表1に示す割合(質量比)で出現した。すなわち、本研究で使用したフェライトキャリア粒子は互いに摩擦されると全部が同一

* 10gの試料粉体が入ったポリスチレン製容器を数個準備して、それらを同時に振動、摩擦して、クラス分けを行った。

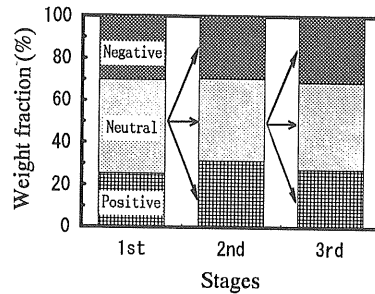
表1 フェライトキャリア粒子どうしを摩擦帯電したとき生じる各帯電極性の粒子の質量比(1回目の摩擦)

Table 1 Weight fraction of positively, negatively and neutral/weakly charged ferrite particles.

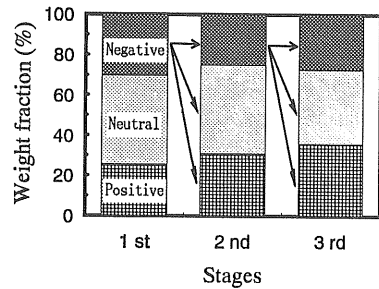
	Positive	Negative	Neutral
Weight Fraction (%)	25	31	44



(a)



(b)



(c)

図2 帯電、クラス分けを繰り返したときの各クラスの粒子の帯電極性

(a)正帯電, (b)負帯電, (c)中性・弱帯電

Fig. 2 Change in fraction of positively, negatively and neutral/weakly charged particles when repeating tribocharging and classification of the specimen.

(a)positively charged, (b)negatively charged, (c)neutral/weakly charged.

極性に帯電することはなく、何らかの理由により表1の結果のように帯電することが判明した。なお、振動に用いる容器の内壁と試料粉体との摩擦が帯電に与える影響を調べるため、その内壁を接着剤を用いて試料粉体でコーティングした容器を使用して同一の実験を行ったところ、コーティングのないときとほぼ同じ割合で、それぞれの帯電粒子が出現した。この結果より、試料粉体と容器の内壁との摩擦の影響は大きくないと判断した。

つぎに、1回目の摩擦のとき、正に帯電した粒子のみを試料として、すべて1回目と同一条件で、2回目の摩擦と、クラス分けを行った。その結果を、図2(a)に示す。

図に見られるように、1回目の摩擦で正に帯電した粒子のみを試料としても、2回目の摩擦により、正帯電、負帯電、中性・弱帯電の粒子が発生し、その比率も1回目の摩擦のときとほぼ同一であった。さらに、2回目の摩擦においても正に帯電した粒子のみを試料として、3回目の摩擦を行った結果を同じく図2(a)に示す。このときもそれぞれの帯電極性の粒子が発生し、その比率も、1回目の摩擦、2回目の摩擦の場合とほぼ同一であった。

同様の実験を、負帯電粒子、中性・弱帯電粒子において行った結果を、それぞれ、図2(b)、(c)に示す。これらの場合にも、前回の摩擦のときの帯電極性とは無関係に、正帯電、負帯電、中性・弱帯電の粒子が、毎回ほぼ同じ比率で出現することが確認できた。

以上の実験を通して、正帯電、負帯電した粒子の帯電量は、それぞれ、 $+0.1 \text{ nC/g}$ 、 -0.1 nC/g 程度であった。また、それらの電荷の減衰の時定数は1時間程度であるため、2回目以降の実験では、試料粉体に多少電荷が残留している状態で10分間の摩擦を開始していることになる。

本実験のように、同一物質粒子どうしの摩擦により正に帯電する粒子、負に帯電する粒子、等が出現する理由としては、次の二つが考えられる。

- 1) 本試料は巨視的には同一物質と見なされるが、微視的には化学的、物理的性質が同一ではなく、も

ともと正に帯電しやすい粒子、負に帯電しやすい粒子、あまり帯電しない粒子が存在する。

- 2) 個々の粒子はどちらの極性に帯電しやすいということはないが、互いに摩擦されると、何らかの原因で、正帯電、負帯電、中性・弱帯電粒子が出現する。

この点に関し、上述のような1回目に正に帯電した粒子のみを試料として2回目の摩擦を行っても、正帯電粒子、負帯電粒子、中性・弱帯電粒子が1回目とほぼ同じ比率で出現するという実験結果より、本試料に関しては、2)の可能性が高いと考えられる。ただし、粒子が正、負に帯電する詳細な機構は不明である。

4. ま と め

電子写真現像剤のフェライトキャリア粒子を試料として、同一物質どうしの摩擦帯電挙動を調べた結果、以下のような知見が得られた。

- 1) 試料粉体どうしを摩擦すると、正帯電粒子、負帯電粒子、中性・弱帯電粒子が発生する。
- 2) 1回目の摩擦で正に帯電した粒子のみを試料として2回目の摩擦を行うと、1回目とほぼ同じ比率で正帯電粒子、負帯電粒子、中性・弱帯電粒子が出現する。このことは、1回目に負帯電、中性・弱帯電であった粒子についても同じである。
- 3) 本研究で使用した試料粉体は正に帯電しやすい粒子、負に帯電しやすい粒子を含むわけではなく、正に帯電するか、負に帯電するかはかなり偶然のことのように考えられる。

参 考 文 献

- 1) 静電気学会編：静電気ハンドブック，p. 59，オーム社(1981)
- 2) 柳田和彦，岡田興昌，岡 孝造：“Japan Hardcopy '89” 論文集，p. 1，電子写真学会(1989)
- 3) 松井乃里恵，岡 孝造，稲葉義弘：電子写真学会誌，30(1991) 282